

**CLIPPEDIMAGE= JP411204882A**

**PAT-NO: JP411204882A**

**DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11204882 A**

**TITLE: NITRIDE SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT AND ITS MANUFACTURE**

**PUBN-DATE: July 30, 1999**

**INVENTOR-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
<b>NAGAHAMA, SHINICHI</b>	<b>N/A</b>
<b>YANAGIMOTO, TOMOYA</b>	
<b>NAKAMURA, SHUJI</b>	<b>N/A</b>

**N/A**

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
<b>NICHIA CHEM IND LTD</b>	<b>N/A</b>

**APPL-NO: JP10008244**

**APPL-DATE: January 20, 1998**

**INT-CL\_(IPC): H01S003/18**

**ABSTRACT:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent short-circuit when pits exist on the surface

of a clad layer, by forming current blocking layers which are thinner than a clad layer constituted of a first conductivity type nitride semiconductor layer containing Al, and contain second conductivity type nitride semiconductor layers, on both side surfaces of a ridge stripe.

**SOLUTION:** A P-type AlGaIn layer is grown, and an undoped GaN layer is grown. By

alternately laminating these layers, a P-side clad layer 12 composed of a superlattice layer is grown. A P-side contact layer 13 is grown on the P-side clad layer 12, and a protective film 30 is formed on the surface of the P-side contact layer 13 of the uppermost layer. The P-side contact layer 13 and a part of the P-side clad layer are etched, and a ridge stripe corresponding to the shape of the protective film is formed. Current blocking layers 14 are

form d n th sid surfa s f th ridg whil th P-sid c nta t lay r 13 is  
l ft b l w th ridg . An hmic P- lectr d which is c ntinu usly bridg d on  
the surfaces f th current bl cking lay r 14 and the P-sid c ntact layer 13  
is f rm d.

**COPYRIGHT: (C)1999,JPO**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-204882

(43)公開日 平成11年(1999) 7月30日

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>

H 0 1 S 3/18

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平10-8244

(22)出願日 平成10年(1998) 1月20日

(71)出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 長濱 慎一

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72)発明者 柳本 友弥

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72)発明者 中村 修二

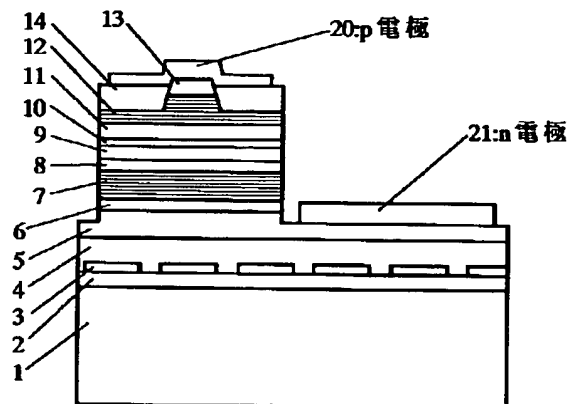
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(54)【発明の名称】 窒化物半導体レーザ素子及びその製造方法

(57)【要約】

【目的】 クラッド層から上の層にリッジが設けられるレーザ素子において、クラッド層表面にビットが存在してもショートせず、しかもリッジ最表面にあるコンタクト層と安定してオーミックコンタクトが得られるレーザ素子とその製造方法を提供する。

【構成】 少なくともクラッド層と、コンタクト層とを順に有し、前記クラッド層を含む層から上の層にリッジストライプが形成されてなる窒化物半導体レーザ素子において、前記クラッド層はA 1を含む第1導電型の窒化物半導体層を有し、一方、リッジストライプの両側面には、クラッド層よりも薄い膜厚で第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層を含む電流阻止層が形成されており、前記電流阻止層及び前記コンタクト層とに渡って連続した電極が形成されていることにより、その電流阻止層でビットを埋めて、ショートを無くすることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくともクラッド層と、コンタクト層とを順に有し、前記クラッド層を含む層から上の層にリッジストライプが形成されてなる窒化物半導体レーザ素子において、

前記クラッド層はA1を含む第1導電型の窒化物半導体層を有し、一方、リッジストライプの両側面には、クラッド層よりも薄い膜厚で、第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層を含む電流阻止層が形成されており、前記電流阻止層及び前記コンタクト層とに渡って連続した電極が形成されてなることを特徴とする窒化物半導体レーザ素子。

【請求項2】 前記電流阻止層はA1を含む第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層を有する多層膜を有し、前記クラッド層のA1の平均組成より多層膜のA1の平均組成が大きいことを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項3】 前記クラッド層及びコンタクト層は、結晶欠陥の多い領域と、結晶欠陥の少ない領域とをストライプ状に有するGa<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>よりなる基板上に、複数の窒化物半導体層を介して成長されており、前記リッジストライプは、そのGa<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>基板の結晶欠陥の少ない領域に対応する位置にストライプ状に形成されていることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体レーザ素子。

【請求項4】 少なくともA1を含む第1導電型の窒化物半導体層を有するクラッド層の上に、同じく第1導電型の窒化物半導体層を有するコンタクト層を備えたウェーハの、そのコンタクト層の表面に、ストライプ状の保護膜を形成する第1の工程と、

第1の工程後、前記コンタクト層側からエッチングを行い、前記クラッド層及びコンタクト層に前記保護膜の形状と対応したリッジストライプを形成する第2の工程と、

第2の工程後、前記保護膜が形成された状態でリッジストライプの側面に、クラッド層よりも薄い膜厚で、第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層を有する電流阻止層を形成する第3の工程とを具備することを特徴とする窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項5】 第3の工程後、前記コンタクト層及び埋め込み層とに渡って連続した電極を形成する第4の工程とを具備することを特徴とする請求項4に記載の窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項6】 前記クラッド層及びコンタクト層は、結晶欠陥の多い領域と、結晶欠陥の少ない領域とをストライプ状に有するGa<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>よりなる基板上に複数の窒化物半導体層を介して成長されており、前記保護膜を、結晶欠陥の少ないGa<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>基板に対応したコンタクト層の表面にストライプ状に形成することを特徴とする請求項4に記載の窒化物半導体レーザ素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は窒化物半導体(In<sub>a</sub>Al<sub>1-b</sub>Ga<sub>1-a-b</sub>N、0≤a、0≤b、a+b≤1)よりなるレーザ素子とその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】我々は窒化物半導体基板の上に、活性層を含む窒化物半導体レーザ素子を作製して、世界で初めて室温での連続発振1万時間以上を達成したことを発表した(IGNS'97 予稿集, October 27-31, 1997, P444-446、及びJpn. J. Appl. Phys. Vol. 36(1997) pp. L1568-1571、Part 2, No. 12A, 1 December 1997)。基本的な構造としてはサファイア基板上に、部分的に形成されたSiO<sub>2</sub>膜を介して選択成長されたn-GaNよりなる窒化物半導体基板の上に、レーザ素子構造となる窒化物半導体層が複数積層されてなる。(詳細はJ. J. A. P参照)

【0003】図4はそのレーザ素子の構造を示す模式断面図である。このレーザ素子はInGaN/InGaNよりなるMQW(多重量子井戸構造)の活性層の上に、p-Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなるキャップ層、p-GaNよりなるガイド層、p-Al<sub>0.14</sub>Ga<sub>0.86</sub>Nよりなるクラッド層、p-GaNよりなるコンタクト層が順に積層され、前記クラッド層を含む層から上の層にリッジストライプが形成されている。リッジストライプの両側面にはSiO<sub>2</sub>よりなる絶縁膜が形成され、その絶縁膜を介して、コンタクト層の表面にp電極が形成された構造を有している。

【0004】一般にクラッド層から上に形成されたリッジストライプのストライプ幅は非常に狭く調整される。ストライプ幅が広がると水平横モードがマルチモードになりやすいからである。従来、このようなストライプ幅の狭いコンタクト層の表面に電極を設けるのは、非常に細かいフォトリソ技術と合わせ技術が必要とするため、工業的には難しい手法である。

【0005】また、リッジストライプは、窒化物半導体のエッチングによって形成されるため、窒化物半導体のエッチング面に、エッチピットと呼ばれる微細な孔が発生する可能性がある。クラッド層、コンタクト層に連続した電極を設けると、仮にクラッド層にそのエッチピットが発生していると、電流がその孔を介してn電極とショートしやすくなり、レーザ素子の信頼性が低下する恐れがある。

【0006】また他の技術として、我々は特開平9-426651号公報において、リッジ側面に、クラッド層よりも屈折率の小さい窒化物半導体よりなる埋め込み層を形成することを提案した。しかしこの技術では、埋め込み層の上に新たにGa<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>よりなるコンタクト層を成長させる必要がある。埋め込み層は単一層でA1混晶比の大きい層であるために、結晶性がGa<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>に比較して悪い。そのためこの埋め込み層の上にGa<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>よりなるコンタクト層を成長しても結晶性があまり良くならないため

に、電極とのオーミック接触が悪くなって、閾値電圧が上昇する傾向にある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の目的とするところは、クラッド層から上の層にリッジが設けられてなるレーザ素子において、クラッド層表面にビットが存在してもショートせず、しかもリッジ最表面にあるコンタクト層と安定してオーミックコンタクトが得られるレーザ素子とその製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の窒化物半導体レーザ素子は、少なくともクラッド層と、コンタクト層とを順に有し、前記クラッド層を含む層から上の層にリッジストライプが形成されてなる窒化物半導体レーザ素子において、前記クラッド層はA1を含む第1導電型の窒化物半導体層を有し、一方、リッジストライプの両側面には、クラッド層よりも薄い膜厚で第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層を含む電流阻止層が形成されており、前記電流阻止層及び前記コンタクト層とに渡って連続した電極が形成されてなることを特徴とする。

【0009】また本発明のレーザ素子において、前記電流阻止層はA1を含む第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層を有する多層膜を有し、前記クラッド層のA1の平均組成より多層膜のA1の平均組成が大きいことを特徴とする。

【0010】さらに、前記クラッド層及びコンタクト層は、結晶欠陥の多い領域と、結晶欠陥の少ない領域とをストライプ状に有するGa<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>よりなる基板上に、複数の窒化物半導体層を介して成長されており、前記リッジストライプは、そのGa<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>基板の結晶欠陥の少ない領域に

対応する位置にストライプ状に形成されていることを特徴とする。

【0011】また、本発明のレーザ素子の製造方法は、少なくともA1を含む第1導電型の窒化物半導体層を有するクラッド層の上に、同じく第1導電型の窒化物半導体層を有するコンタクト層を備えたウェーハの、そのコンタクト層の表面に、ストライプ状の保護膜を形成する第1の工程と、第1の工程後、前記コンタクト層側からエッチングを行い、前記クラッド層及びコンタクト層に前記保護膜の形状と対応したリッジストライプを形成する第2の工程と、第2の工程後、前記保護膜が形成された状態でリッジストライプの側面に、クラッド層よりも薄い膜厚で、第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層を有する電流阻止層を形成する第3の工程とを具備することを特徴とする。

【0012】さらに本発明の製造方法において、第3の工程後、前記コンタクト層及び埋め込み層とに渡って連続した電極を形成する第4の工程とを具備することを特徴とする。

【0013】本発明の製造方法において、前記クラッド

層及びコンタクト層は、結晶欠陥の多い領域と、結晶欠陥の少ない領域とをストライプ状に有するGa<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>よりなる基板上に複数の窒化物半導体層を介して成長されており、前記保護膜を、結晶欠陥の少ないGa<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>基板に対応したコンタクト層の表面にストライプ状に形成することを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明のレーザ素子において、クラッド層を構成するA1を含む第1導電型の窒化物半導体層は、p型A<sub>1-x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub> (0<x<1) 層を含む超格子層とすることが望ましい。なお2種類の窒化物半導体を積層した超格子とする場合、A<sub>1-x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>はいずれか一方の層に成長してあれば良く、両方ともA<sub>1-x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>とする必要はない。具体的には、一方がA<sub>1-x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>層、もう一方がInGa<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>若しくはGa<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>層を交互に積層した超格子とすると、結晶性が良くA1平均組成の大きいクラッド層を厚膜で成長させることができる。超格子を構成する窒化物半導体層の膜厚は70オングストローム以下、好ましくは50オングストローム以下とすると、窒化物半導体の単一層が臨界膜厚以下となるので、A1混晶比の大きい窒化物半導体層が成長できる。また、クラッド層を超格子とすると、そのクラッド層全体の結晶性も良くなるために、リッジ形状にエッチングした後、そのクラッド層の表面に新たに電流阻止層を形成する際、ビット、クラックがほとんどない結晶性の良い電流阻止層が成長できる。

【0015】クラッド層の膜厚は、2.0μm以下にすることが望ましい。2.0μmよりも厚くするとクラッド層の抵抗値が高くなって閾値が上昇する。好ましい膜厚は1.5μm以下、さらに好ましくは1.0μm以下である。下限については特に限定しないが、キャリア閉じ込めとしてのクラッド層として作用させるためには、50オングストローム以上の膜厚があることが望ましい。クラッド層を超格子とした場合には、A1平均組成としては50%以下が望ましい。例えば、クラッド層全体の厚さを2.0μm以下として、かつそのクラッド層に含まれる3族元素に対するA1平均組成(%)と、p側クラッド層全体の厚さ(μm)との積が4.4以上となるように構成すると、光閉じ込めが良く、抵抗値も小さいクラッド層が形成できる。

【0016】一方、電流阻止層を形成する第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層は、n型若しくはi型(insulator)のA<sub>1-y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N<sub>y</sub> (0≤y<1、但しx<y)を含む層とすることが望ましく、クラッド層のように超格子層とすることもできる。さらに、クラッド層よりもA1平均組成の大きい層とすると、電流阻止層の屈折率が小さくなるので、リッジ下部に導波路を形成して、水平横モードがシングルモードのレーザ光を得ることができる。

【0017】さらに、電流阻止層の膜厚はクラッド層の

膜厚よりも薄くする必要がある。この層の膜厚を厚くすると、コンタクト層の上に形成した保護膜の上に電流阻止層が成長してしまうため、保護膜を後で除去することが難しくなる。また電流阻止層のAl平均組成をクラッド層よりも大きくした場合、Al量が多い窒化物半導体は少ないものに比較して、その結晶欠陥が多い傾向にある。従って、Al混晶比の大きい電流阻止層を厚く成長させると、結晶中にクラックが入りやすくなり、ヒットが発生しやすくなる傾向にある。従って電流阻止層の好ましい膜厚としては1 $\mu$ m以下、さらに好ましくは0.8 $\mu$ m以下、最も好ましくは0.5 $\mu$ m以下に調整する。

【0018】なお、リッジのストライプ幅は30 $\mu$ m以下、さらに好ましくは20 $\mu$ m以下、最も好ましくは10 $\mu$ m以下に調整する。30 $\mu$ mよりも太いとレーザ光の水平横モードがマルチモードとなりやすい傾向にある。下限は特に限定しないが通常0.5 $\mu$ m以上にする。

【0019】さらに、本発明のレーザ素子では電流阻止層と、コンタクト層とに渡って連続した電極が形成されている。特開平9-426651号では電流阻止層の上に後からコンタクト層が成長されているために、リッジの最上部に結晶性の良いコンタクト層が成長できなかったが、本発明のレーザ素子では、リッジ形成時に既にコンタクト層が成長されており、後から電流阻止層が形成されるため、コンタクト層の結晶性が変わらない。従って、p電極に対して常に安定したオーミック接触が得られる。

【0020】また本発明の請求項2では、前記電流阻止層はAlを含む第2導電型若しくは半絶縁性の窒化物半導体層を有する多層膜を有し、前記クラッド層のAlの平均組成より多層膜のAlの平均組成が大きいことを特徴としている。これは先にも述べたように、電流阻止層のAl組成を大きくすることによって、その屈折率が、クラッド層の屈折率よりも小さくなり、リッジ下部に光を集中させて導波路領域を作製することができる。Al組成がクラッド層よりも小さいと埋め込み層の方の屈折率が大きくなるため、水平横方向の屈折率差が小さくなり、リッジの効果が得られにくくなる傾向にある。また多層膜、好ましくは超格子とすることによって、Al組成の大きい層を成長できる。なお、電流阻止層はクラッド層と異なり、その上にコンタクト層のような層を成長させないため、少々結晶性は悪くても良いので、特に膜厚の薄い窒化物半導体を積層した超格子としなくても、例えば数百オングストロームの窒化物半導体を積層した多層膜としても良い。

【0021】本発明において、クラッド層、埋め込み層を多層膜、または超格子とする場合、その層のAlの平均組成は次のように求めるものとする。例えば25オングストロームのAl<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Nと、25オングスト

ム(GaN)とを200ペア(1.0 $\mu$ m)積層した超格子の場合、1ペアが50オングストローム、Alを含む層のAl混晶比が0.5であるため、0.5(25/50)=0.25となり、超格子における3族元素に対するAl平均組成は25%である。一方、膜厚が異なる場合、Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Nを40オングストロームと、GaNを20オングストロームとで積層した場合、膜厚の加重平均を行い、0.5(40/60)=0.33となり、Al平均組成は33.3%とする。即ちAlを含む窒化物半導体層のAl混晶比を、その窒化物半導体層が超格子1ペアの膜厚に占める割合に乘じたものを本発明におけるAl平均組成とする。またAlを両方含む場合も同様であり、例えばAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N20オングストローム、Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N30オングストロームの場合も、0.1(20/50)+0.2(30/50)=0.16、即ち16%をAl平均組成とする。なお以上の例はAlGaN/GaN、AlGaN/AlGaNについて説明したが、AlGaN/InGaNについても同じ算出方法を適用するものとする。従って、クラッド層、埋め込み層を成長させる場合には、以上の算出方法に基づいて成長方法を設計できる。また、Al平均組成は、SIMS(二次イオン質量分析装置)、オージェ等の分析装置を用いても検出できる。

#### 【0022】

【実施例】図1は本発明の一実施例に係るレーザ素子の構造を示す模式断面図であり、図2は、図1のレーザ素子の活性層から上の層を拡大して示す斜視図、図3は本発明の製造方法の第1～第4の各工程において得られるウェーハの構造を部分的に示す模式断面図である。これらの図において、同一符号は同一部材を示している。これらの図を元に本発明の実施例を以下詳説する。

【0023】2インチφ、C面を主面とするサファイアよりなる異種基板1の上に、MOVPE法を用い、500℃で、GaNよりなるバッファ層(図示せず)を200オングストロームの膜厚で成長させる。バッファ層成長後、温度を1050℃にして、同じくGaNよりなる下地層2を2 $\mu$ mの膜厚で成長させる。この下地層2は保護膜を部分的に表面に形成して、次に窒化物半導体基板の選択成長を行うための下地層として作用する。下地層2はAl混晶比X値が0.5以下のAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N(0 $\leq$ X $\leq$ 0.5)を成長させることが望ましい。0.5を超えると、結晶欠陥というよりも結晶自体にクラックが入りやすくなってしまうため、結晶成長自体が困難になる傾向にある。また膜厚はバッファ層よりも厚い膜厚で成長させて、10 $\mu$ m以下の膜厚に調整することが望ましい。基板はサファイアその他、SiC、ZnO、スピネル、GaAs等、窒化物半導体を成長させるために知られている、窒化物半導体と異なる材料よりなる基板を用いることができる。

【0024】下地層2成長後、ウェーハを反応容器から

取り出し、この下地層2の表面に、ストライプ状のフォトマスクを形成し、CVD装置によりストライプ幅10 $\mu\text{m}$ 、ストライプ間隔(窓部)2 $\mu\text{m}$ の $\text{SiO}_2$ よりなる第1の保護膜3を1 $\mu\text{m}$ の膜厚で形成する。なおストライプ状の保護膜を形成する際、窓部よりも保護膜の面積を大きくする方が、結晶欠陥の少ないGa $\text{N}$ 基板4が成長しやすい。第1の保護膜3の材料としては、例えば酸化ケイ素( $\text{SiO}_x$ )、窒化ケイ素( $\text{Si}_x\text{N}_y$ )、酸化チタン( $\text{TiO}_x$ )、酸化ジルコニウム( $\text{ZrO}_x$ )等の酸化物、窒化物、またこれらの多層膜の他、1200 $^{\circ}\text{C}$ 以上の融点を有する金属等を用いることができる。これらの保護膜材料は、窒化物半導体の成長温度600 $^{\circ}\text{C}$ ~1100 $^{\circ}\text{C}$ の温度にも耐え、その表面に窒化物半導体が成長しないか、若しくは成長しにくい性質を有している。

【0025】第1の保護膜3形成後、ウェーハを再度MOVPEの反応容器内にセットし、温度を1050 $^{\circ}\text{C}$ にして、アンドープGa $\text{N}$ よりなるGa $\text{N}$ よりなるGa $\text{N}$ 基板4を20 $\mu\text{m}$ の膜厚で成長させる。このように異種基板の上に成長させた窒化物半導体よりなる下地層の上に、ストライプ状の保護膜を形成し、その保護膜の窓部から保護膜上部に横方向に窒化物半導体を成長させると、基板となるような結晶欠陥の少ない半導体層が得られる。Ga $\text{N}$ 基板4はこの他ハライド気相成長法(HVPE)を用いて成長させることもできる。Ga $\text{N}$ 基板はIn、Alを含まないアンドープのGa $\text{N}$ を成長させることが結晶欠陥が最も少なくなるので最も好ましい。以上のようにして成長したGa $\text{N}$ 基板は保護膜のストライプ形状に対応して、ストライプ状に結晶欠陥の多い位置と、少ない位置とを有している。

【0026】次に、Ga $\text{N}$ 基板4の上にSiを $3 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ドープしたn型Ga $\text{N}$ よりなるn側コンタクト層5を5 $\mu\text{m}$ の膜厚で成長させる。このn側コンタクト層はn電極を形成するためのコンタクト層として作用する。

【0027】次に、温度を800 $^{\circ}\text{C}$ にしてIn $_{0.06}$ Ga $_{0.94}$ Nよりなるクラッド防止層6を0.15 $\mu\text{m}$ の膜厚で成長させる。

【0028】続いて、1050 $^{\circ}\text{C}$ で、Siを $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ ドープしたn型Al $_{0.16}$ Ga $_{0.84}$ N層を25オングストロームの膜厚で成長させ、続いてアンドープGa $\text{N}$ 層を25オングストロームの膜厚で成長させる。そしてこれらの層を交互に積層して超格子層を構成し、総膜厚1.2 $\mu\text{m}$ の超格子よりなるn側クラッド層7を成長させる。なおn側クラッド層に、バンドギャップエネルギーが異なる窒化物半導体を積層した超格子を作製した場合、不純物はいずれか一方の層に多くドープして、いわゆる変調ドープを行うと閾値が低下しやすい傾向にある。

【0029】続いて、1050 $^{\circ}\text{C}$ でアンドープGa $\text{N}$ よ

りなるn側光ガイド層8を0.1 $\mu\text{m}$ の膜厚で成長させる。このn側光ガイド層は、活性層の光ガイド層として作用し、Ga $\text{N}$ 、InGa $\text{N}$ を成長させることが望ましく、通常100オングストローム~5 $\mu\text{m}$ 、さらに好ましくは200オングストローム~1 $\mu\text{m}$ の膜厚で成長させることが望ましい。

【0030】次に、温度を800 $^{\circ}\text{C}$ にして、アンドープIn $_{0.2}$ Ga $_{0.8}$ Nよりなる井戸層を40オングストロームの膜厚で成長させる。次に同一温度で、アンドープIn $_{0.01}$ Ga $_{0.99}$ Nよりなる障壁層を100オングストロームの膜厚で成長させる。井戸層と障壁層とを順に積層し、最後に障壁層で終わり、総膜厚440オングストロームの多重量子井戸構造(MQW)の活性層9を成長させる。活性層は本実施例のようにアンドープでもよいし、またn型不純物及び/又はp型不純物をドープしても良い。不純物は井戸層、障壁層両方にドープしても良く、いずれか一方にドープしてもよい。

【0031】次に、温度を1050 $^{\circ}\text{C}$ で、p側光ガイド層11よりもバンドギャップエネルギーが大きい、Mgを $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドープしたp型Al $_{0.3}$ Ga $_{0.7}$ Nよりなるp側キャップ層10を300オングストロームの膜厚で成長させる。このp型キャップ層は0.1 $\mu\text{m}$ 以下の膜厚で形成することにより素子の出力が向上する傾向にある。膜厚の下限は特に限定しないが、10オングストローム以上の膜厚で形成することが望ましい。

【0032】続いて、1050 $^{\circ}\text{C}$ で、バンドギャップエネルギーがp側キャップ層10よりも小さい、アンドープGa $\text{N}$ よりなるp側光ガイド層11を0.1 $\mu\text{m}$ の膜厚で成長させる。この層は、活性層の光ガイド層として作用し、n側光ガイド層8と同じくGa $\text{N}$ 、InGa $\text{N}$ で成長させることが望ましい。

【0033】続いて、1050 $^{\circ}\text{C}$ でMgを $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドープしたp型Al $_{0.16}$ Ga $_{0.84}$ N層を25オングストロームの膜厚で成長させ、続いてアンドープGa $\text{N}$ 層を25オングストロームの膜厚で成長させ、これらの層を交互に積層して総膜厚0.6 $\mu\text{m}$ の超格子層よりなるp側クラッド層12を成長させる。このp側クラッド層はAlの平均組成が8%であるので、膜厚との積は4.8である。なお、p側クラッド層も少なくとも一方がAlを含む窒化物半導体層を含み、互いにバンドギャップエネルギーが異なる窒化物半導体層を積層した超格子で作製した場合、不純物はいずれか一方の層に多くドープして、いわゆる変調ドープを行うと閾値が低下しやすい傾向にある。

【0034】次に1050 $^{\circ}\text{C}$ で、p側クラッド層12の上に、Mgを $2 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドープしたp型Ga $\text{N}$ よりなるp側コンタクト層13を150オングストロームの膜厚で成長させる。p側コンタクト層13はp型のIn $_x$ Al $_y$ Ga $_{1-x-y}$ N ( $0 \leq x$ ,  $0 \leq y$ ,  $x+y \leq 1$ )で構成することができ、好ましくはMgをドープしたGa $\text{N}$

とすれば、p電極20と最も好ましいオーミック接触が得られる。

【0035】最後に、窒化物半導体を積層成長させたウェーハを反応容器内において、窒素雰囲気中700℃でアニーリングを行い、p型不純物をドーブした層をさらに低抵抗化させる。

【0036】(第1の工程)以上のようにして、窒化物半導体を積層したウェーハを反応容器から取り出し、図3(a)に示すように、CVD装置を用いて、最上層のp側コンタクト層13の表面に、2μmのストライプ幅を有するSiO<sub>2</sub>よりなる第2の保護膜30を1μmの膜厚で形成する。なお先にGaN基板4を成長した時に、第1の保護膜をストライプ状に形成してあるため、GaN基板の表面には表面に現れた結晶欠陥もストライプ状に現れやすい傾向にある。このため第2の保護膜を形成する際は、GaN基板表面の結晶欠陥の少ないところ(例えば $1 \times 10^8$ 個/cm<sup>2</sup>以下、好ましくは $1 \times 10^7$ 個/cm<sup>2</sup>以下)の上部にあるp側コンタクト層13の表面に対応した位置にストライプ状に形成すると、GaN基板の結晶欠陥が活性層に転位しにくくなるためレーザ素子の寿命が向上する。

【0037】(第2の工程)次にウェーハをRIE(反応性イオンエッチング)装置に移し、図3(b)に示すようにp側コンタクト層13と、p側クラッド層12の一部とをエッチングして、第2の保護膜の形状に対応したリッジストライプを形成する。このエッチングにより露出したクラッド層の表面にビットが発生する可能性があるが、後で電流阻止層で埋めることができる。

【0038】(第3の工程)リッジストライプ形成後、保護膜をつけたまま、再度ウェーハを反応容器内に移し、1050℃で、Siを $1 \times 10^{19}$ /cm<sup>3</sup>ドーブしたn型Al<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.80</sub>N層を50オングストロームの膜厚で成長させ、続いてSiを同量ドーブしたGaN層を50オングストロームの膜厚で成長させ、これらを交互に積層して総膜厚0.5μmの超格子よりなる電流阻止層14を形成する。このようにp型コンタクト層13がリッジに残ったまま、そのリッジ側面に電流阻止層14を形成すると、リッジ形成後にコンタクト層を成長させるのと異なり、コンタクト層の膜質が安定しているの、電極と安定してオーミックが得られる。

【0039】電流阻止層14成長後、ウェーハを反応容器から取り出し、第2の保護膜30をフッ酸で除去した後、最上層の窒化物半導体層に所定の形状の保護膜を形成し、図1に示すように、n側コンタクト層5の表面が露出するまでエッチングする。

【0040】(第4の工程)エッチング終了後、保護膜を除去し、図3(d)に示すように、電流阻止層14及びp側コンタクト層13の表面に渡って連続したNi/Auよりなるオーミック用のp電極を形成する。このp電極は大面积で形成できるため、ボンディングを行うの

に容易となる。

【0041】一方、先ほど露出させたn側コンタクト層の表面にはTi/Alよりなるオーミック用のn電極21を形成する。

【0042】以上のようにして、n電極とp電極とを形成したウェーハのサファイア基板を研磨して70μmとした後、ストライプ状の電極に垂直な方向で、基板側からバー状に劈開し、劈開面に共振器を作製する。共振器面にSiO<sub>2</sub>とTiO<sub>2</sub>よりなる誘電体多層膜を形成し、最後にp電極に平行な方向で、バーを切断してレーザ素子とする。なおサファイア基板を研磨する際に、第1の保護膜3まで研磨して除去し、GaN基板4を露出させても良い。GaN基板4を露出させる際、GaN基板の成長膜厚を80μm以上に調整しないと、研磨中にウェーハが細かく割れてしまい、素子作成が難しくなる傾向にある。またGaN基板を80μm以上成長させた後、サファイア基板1、下地層2、第1の保護膜3を除去し、GaN基板のみとして、そのGaN基板の上に前記n側コンタクト層5から上の層を積層することもできる。

【0043】このレーザ素子をヒートシンクに設置し、それぞれの電極をワイヤーボンディングして、室温でレーザ発振を試みたところ、室温において連続発振を示し、単レーザ光のFFPは単一で、その形状も楕円形で形の良いものが得られていた。また、レーザ素子の特性に関しても、同一ウェーハから100個無作為に抽出したところ、発振閾値、出力とも全てがほぼ同一の特性を示し、連続で1000時間発振させても電極間でショートしたものはなかった。

【0044】[実施例2]実施例1の電流阻止層14を形成する工程において、1050℃で、Znを $1 \times 10^{19}$ /cm<sup>3</sup>ドーブした半絶縁性のi型Al<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.80</sub>N層を0.1μmと、Siを $1 \times 10^{18}$ /cm<sup>3</sup>ドーブしたn型GaN層を0.1μm交互に成長させて総膜厚0.4μmの多層膜とする他は同様にしてレーザ素子を得たところ、実施例1とほぼ同等の特性を有するレーザ素子が得られた。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のレーザ素子はリッジ側面に電流阻止層が形成されているため、エッチングによりクラッド層の表面にビットが発生していても、電流阻止層がそのビットを埋めてしまうため、電極間のショートがない。また、本発明の製造方法によると、リッジを形成してから、その狭い領域のストライプ幅に、マスクを利用して他の窒化物半導体層、あるいは電極等を形成する工程がないので、細かい作業も必要とせず、工業的にも非常に有用である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に係るレーザ素子の構造を示す模式断面図。



11

12

【図2】 図1のレーザ素子の活性層から上の一部の構造を拡大して示す斜視図。

【図3】 本発明の製造方法の第1～第4のそれぞれの工程を順に説明するためのガイド層から上の構造を部分的に示す模式断面図。

【図4】 従来のレーザ素子の構造を示す模式断面図。

【符号の説明】

1・・・サファイア基板

2・・・下地層

3・・・第1の保護膜

4・・・Ga<sub>0.98</sub>N基板

5・・・n側コンタクト層

6・・・クラック防止層

7・・・n側クラッド層

8・・・n側光ガイド層

9・・・活性層

10・・・p側キャップ層

11・・・p側光ガイド層

12・・・p側クラッド層

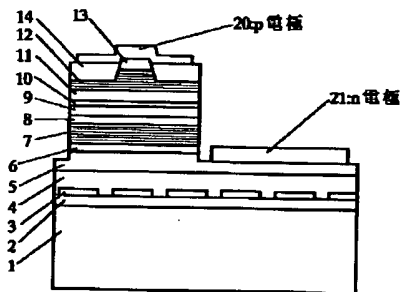
13・・・p側コンタクト層

14・・・電流阻止層

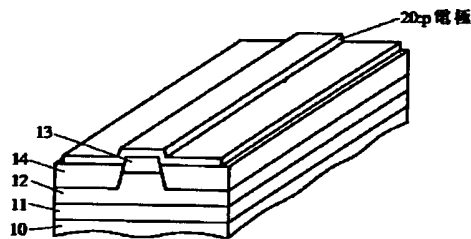
10 20・・・p電極

21・・・n電極

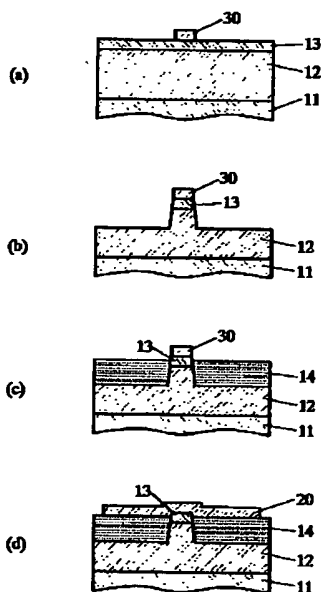
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

